View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk

brought to you by CORE

provided by VU Research Portal

VU Research Portal

Beslissingsondersteuning voor complexe keuzevraagstukken : BOSDA voor Windows

Janssen, R.; van Herwijnen, M.

2004

document version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Link to publication in VU Research Portal

citation for published version (APA)
Janssen, R., & van Herwijnen, M. (2004). *Beslissingsondersteuning voor complexe keuzevraagstukken : BOSDA voor Windows*.

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:
vuresearchportal.ub@vu.nl

Download date: 27. May. 2021

Beslissingsondersteuning voor complexe keuzevraagstukken

BOSDA voor Windows

Ron Janssen en Marjan van Herwijnen

1 Inleiding

Appels met peren vergelijken lijkt erg moeilijk. Toch doen we de hele dag niets anders dan ongelijksoortige zaken met elkaar vergelijken en op grond van die vergelijking een keuze maken. Neem ik een gevulde koek of een boterham? Afweging tussen iets wat je lekker vindt maar dik maakt en iets wat minder aanlokkelijk is maar goed voor de lijn. Ga ik op de fiets of met de auto? Afweging tussen goedkoop, langzaam, gezond, milieuvriendelijk en inspannend enerzijds en duur, vlug, ongezond, slecht voor het milieu en gemakkelijk anderzijds. Soms twijfelen we even maar in het algemeen kunnen we dit soort afwegingen makkelijk aan. Er is voor het maken van de keuze maar weinig informatie nodig.

In veel besluitvormingsprocessen neemt het onderling vergelijken van alternatieven en varianten een belangrijke plaats in. In een milieu-effectrapport (MER) is het zelfs een verplicht onderdeel. Voor de vergelijking van deze alternatieven moet meestal veel en sterk verschillende informatie worden verwerkt. Bovendien moeten de gemaakte keuzen goed uit te leggen zijn aan alle betrokkenen.

Evaluatiemethoden kunnen worden gebruikt om veel en ongelijksoortige informatie hanteerbaar te maken voor de besluitvorming. Deze methoden hebben meerdere functies: allereerst natuurlijk het vergelijken van alternatieven, maar daarnaast helpen ze ook bij het structuren van een probleem, de ontwikkeling van alternatieven, de presentatie en communicatie van de resultaten en niet in de laatste plaats bij de bewustwording van de plannenmakers.

Het BeslissingsOndersteunend Systeem voor Discrete Alternatieven (BOSDA) is een hulpmiddel voor het ontwikkelen, vergelijken en beoordelen van alternatieven ter voorbereiding van een beleidsbeslissing. Het BOSDA computerprogramma is een gereedschapskist gevuld met verschillende typen multi-criteria methoden, kosten-baten analyse aangevuld met grafische presentaties, waarderingsmethoden en een breed scala methoden voor gevoeligheidsanalyse. BOSDA is een gezamenlijk produkt van het Instituut voor Milieuvraagstukken van de Vrije Universiteit en de afdeling Beleidsevaluatie en -Instrumentatie van het Ministerie van Financiën.

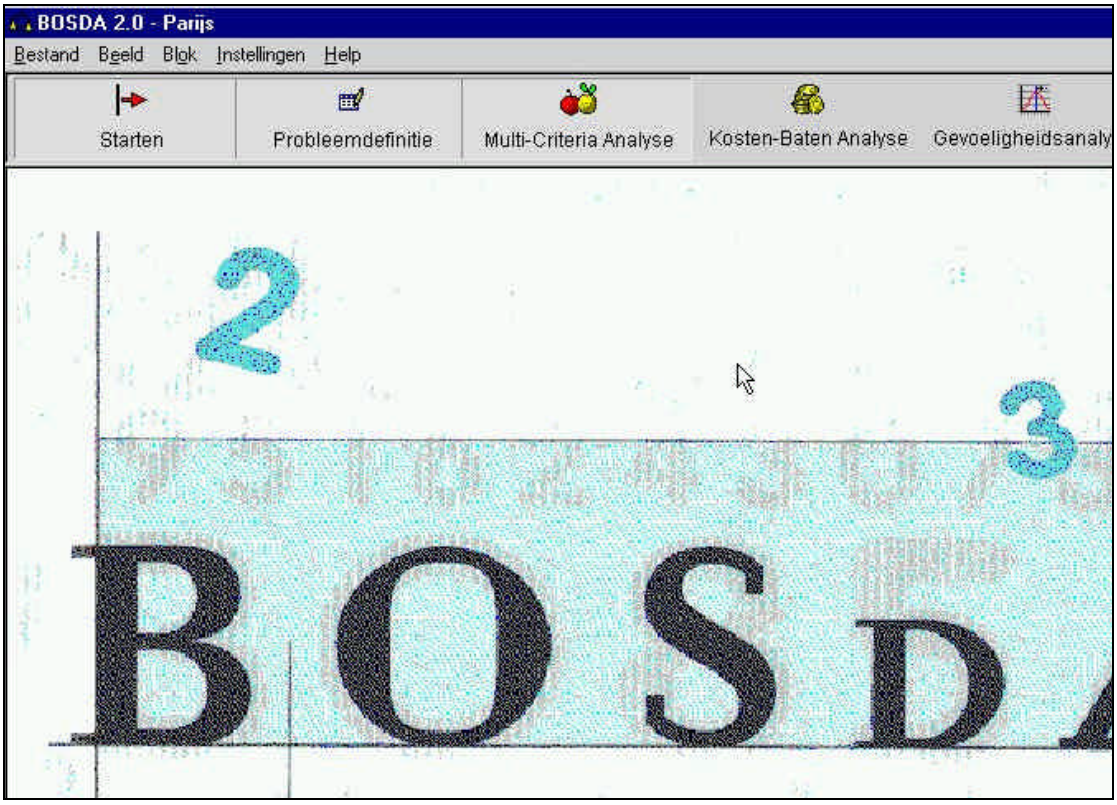
Het BOSDA programma kan worden gebruikt voor ondersteuning van beslissingen over complexe keuzevraagstukken. Voorbeelden van dergelijke vraagstukken zijn: de verschillende tracés voor de Betuwelijn, de keuze van een lokatie voor de uitbreiding van Schiphol, maar ook mogelijke beleidsopties ter bestrijding van veel voorkomende criminaliteit. Het programma is bedoeld voor beleidsvoorbereiders en adviseurs in alle sectoren van de overheid die zich bezighouden met beleidsonderzoek en die enige kennis hebben van evaluatiemethoden.

De eerste versie van het BOSDA programma, BOSDA voor MSDOS verscheen in 1992. Het programma is breed toegepast door een gevarieerd scala van gebruikers. Binnen de overheid zijn gebruikers te vinden bij meeste ministeries, provincies en een aantal grote gemeenten, maar ook bij het RIVM, het RIZA en Rijkswaterstaat. Een groot aantal gebruikers zijn advies- en ingenieursbureaus. Tot slot wordt BOSDA voor MSDOS ingezet op universiteiten en hogescholen. BOSDA wordt vooral toegepast op beslisvraagstukken waarbij een groot aantal criteria in de evaluatie wordt betrokken. De criteriumscores zijn in het algemeen afkomstig van ondersteunende veelal technische studies en zijn in de meeste gevallen een combinatie van kwantitatieve scores en een beoordeling van deskundigen op een plussen en minnen schaal.

Met de overgang van MS-DOS naar MS-Windows heeft BOSDA een complete metamorfose ondergaan. De presentatie en gebruiksvriendelijkheid zijn sterk verbeterd en er zijn een aantal nieuwe stukken gereedschap aan de kist toegevoegd. Aan de hand van vijf praktijkvoorbeelden worden in dit artikel de mogelijkheden van BOSDA getoond. Het eerste voorbeeld “Op reis naar Parijs” geeft een overzicht van een BOSDA sessie. Dit voorbeeld laat zien hoe de vier BOSDA stappen: 1.probleemdefinitie, 2.evaluatie, 3.gevoeligheidsanalyse en 4.rapportage, worden doorlopen. De volgende vier voorbeelden benadrukken steeds één aspect van een sessie. In het voorbeeld corridorstudie Amsterdam-Utrecht gaat het om het gebruik van grafische evaluatie; de voorbeelden “Bodemsanering in Nieuwerkerk aan de IJssel” en “Alarmnummer 112” tonen de toepassing van multi-criteria analyse en kosten-baten analyse. Het voorbeeld “Rijksweg 73”, tot slot, gaat in op de verschillende manieren van presentatie van de resultaten. .

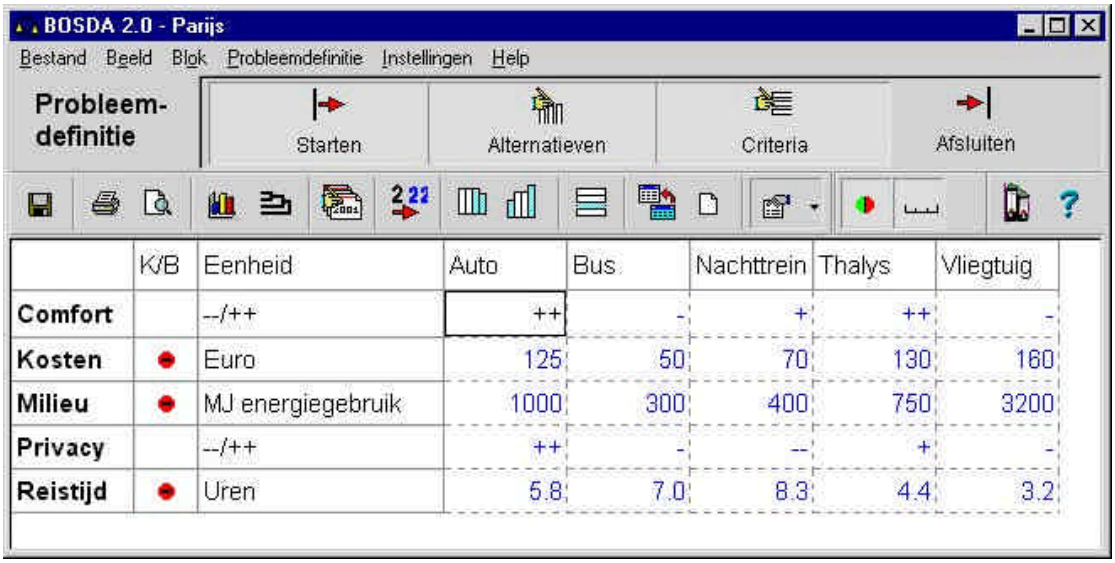
2 Van probleemdefinitie tot rapportage: Op reis naar Parijs

Het eerste voorbeeld “Op reis naar Parijs” gaat over de beste manier van reizen tussen Amsterdam en Parijs. Twee mensen willen samen een weekend naar Parijs en zoeken de beste manier om naar Parijs te reizen. Dit voorbeeld is vooral bedoeld om te laten zien hoe de vier evaluatiestappen: 1.probleemdefinitie, 2.evaluatie, 3.gevoeligheidsanalyse en 4.rapportage, worden doorlopen. Figuur 1 laat een deel zien van het hoofdmenu.



Figuur 1 Hoofdmenu: de stappen in een evaluatieprocedure.

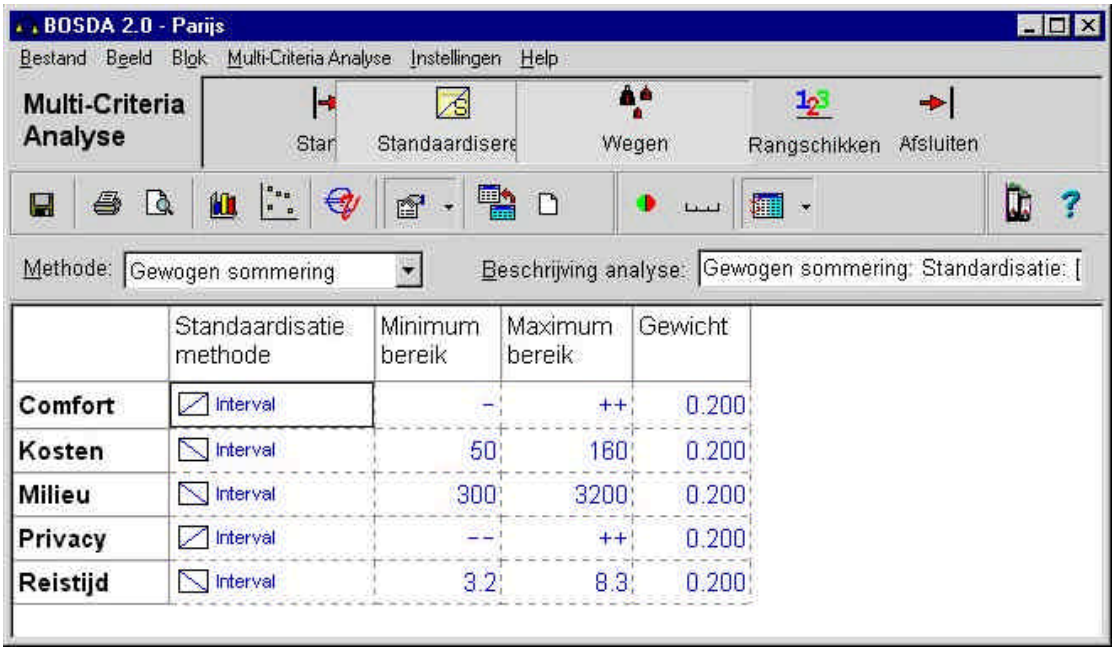
Probleemdefinitie is de eerste stap in de evaluatieprocedure. Het doel van deze stap is het opstellen van een effectentabel. De effectentabel voor “Op reis naar Parijs” staat in Figuur 2. Voor deze reis zijn vijf alternatieven: de auto, de bus, de nachttrein, de hoge-snelheidstrein Thalys en het vliegtuig. De Parijsreizigers beoordelen deze alternatieven op de criteria: comfort, kosten, milieu, privacy en reistijd. De criteria comfort en privacy zijn gemeten op een ---/+++ schaal. De overige op een kwantitatieve schaal. In de tweede kolom wordt aangegeven of het criterium een baten (hoe hoger hoe beter) of een kosten (hoe lager hoe beter) criterium is.



	K/B	Eenheid	Auto	Bus	Nachttrein	Thalys	Vliegtuig
Comfort		--/++	++	-	+	++	-
Kosten	●	Euro	125	50	70	130	160
Milieu	●	MJ energiegebruik	1000	300	400	750	3200
Privacy		--/++	++	-	--	+	-
Reistijd	●	Uren	5.8	7.0	8.3	4.4	3.2

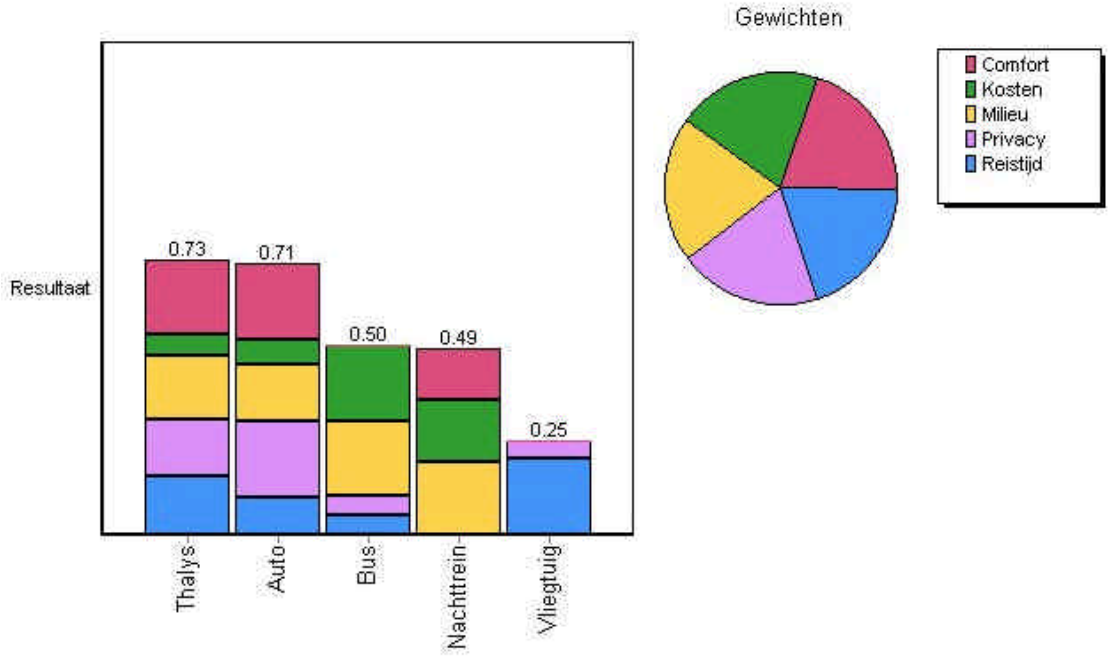
Figuur 2 Probleemdefinitie: de effectentabel van “op reis naar Parijs”.

Multi-criteria analyse is de tweede stap in deze evaluatieprocedure. Het doel van deze stap is het omzetten van de effectentabel in een rangschikking van de alternatieven. Hiervoor is het nodig de criteriumscores door standaardisatie onderling vergelijkbaar te maken. Ook moet het relatieve belang, het gewicht, van de criteria worden vastgesteld. Figuur 3 toont de drie stappen van multi-criteria analyse: 1.standaardiseren, 2.wegen en 3.rangschikken. In dit voorbeeld is gekozen voor intervalstandaardisatie en het toekennen van een gelijk gewicht aan alle criteria. De kolommen minimum en maximum bereik tonen de laagste en hoogste score voor elk criterium. Deze informatie is van belang voor het toekennen van de gewichten.



Figuur 3 Multi-criteria analyse: standaardisatie en gewichten voor "op reis naar

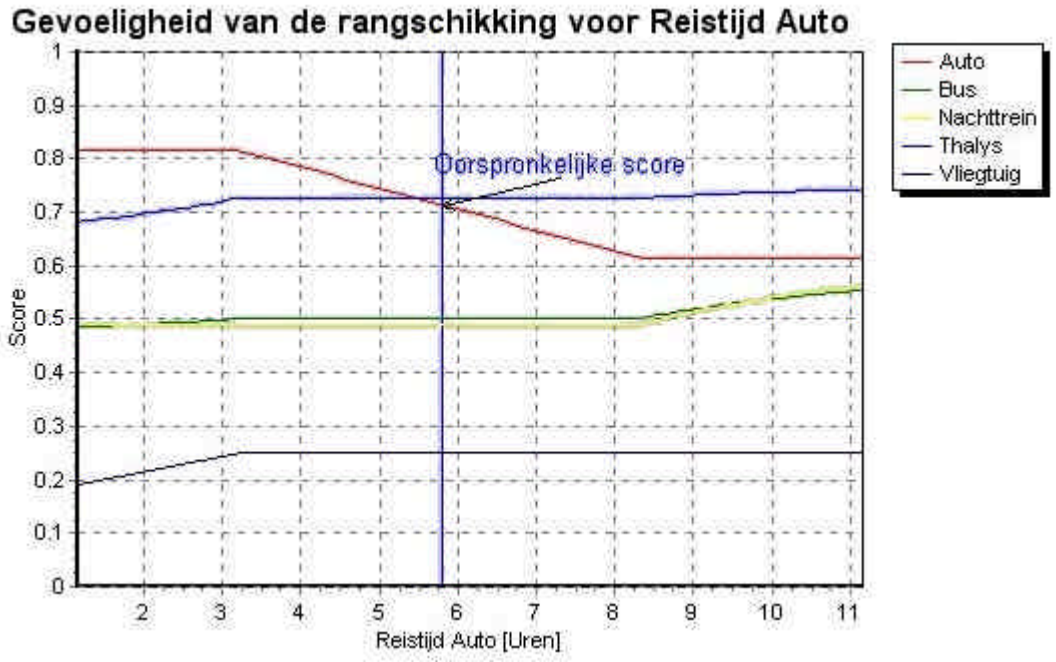
Naast directe toekenning van kwantitatieve gewichten, kunnen gewichten ook met paarsgewijze vergelijking worden bepaald of kan worden volstaan met het bepalen van een prioriteitsvolgorde van de criteria. Na het vaststellen van de standaardisatie-methode en het toekennen van de gewichten kan nu met gewogen sommering de rangschikking worden bepaald (Figuur 4).



Figuur 4 Multi-criteria analyse: Rangschikking en totaalscores op basis van gewogen sommering.

Figuur 4 laat zien dat als alle criteria even belangrijk zijn de Thalys het beste alternatief is, op de voet gevolgd door de auto. Comfort draagt voor beide alternatieven het meest bij aan de totaalscore. Het vliegtuig is op afstand het slechtste alternatief. De totaalscore voor het vliegtuig bestaat vrijwel geheel uit de score voor reistijd. Deze rangschikking is bepaald met behulp van gewogen sommering. Deze methode wordt door de Commissie MER aanbevolen omdat de methode een hecht theoretisch fundament heeft en bovendien goed is uit leggen aan alle belanghebbenden (Bonte *et al*. 1997). Naast gewogen sommering zijn in BOSDA ook de Evamix methode, de Regime methode en de Concordantie methode beschikbaar.

De Thalys komt als beste uit de bus. De vraag hoe betrouwbaar deze conclusie is wordt onderzocht in stap 3: gevoeligheidsanalyse. De rangschikking is afhankelijk van de toegekende scores en gewichten. Veranderingen in scores en gewichten kunnen dan ook leiden tot veranderingen in de rangschikking. De reistijd van de auto is geschat op 5.8 uur. Bij deze reistijd is de Thalys het beste alternatief. De vraag is nu of dit zo blijft als de reistijd van de auto korter wordt. Deze vraag kan worden beantwoord met behulp van Figuur 5.



Figuur 5: Gevoeligheidsanalyse: gevoeligheid van de rangschikking voor veranderingen in de reistijd van de auto.

De oorspronkelijke score, een reistijd van 5.8 uur, is gemarkeerd met de verticale lijn. Bij deze reistijd ligt de totaalscore van de Thalys net boven de totaalscore van de auto. De Thalys wint. Duidelijk is ook dat het verschil maar klein is en dat een kleine verlaging van de reistijd van de auto al voldoende is om de Thalys van de eerste plaats te verdringen. Het omslagpunt ligt bij 5.5 uur. De gevonden rangschikking blijkt zeer gevoelig voor veranderingen in deze score. Op een vergelijkbare manier kan ook de gevoeligheid van de rangschikking voor veranderingen in gewichten worden onderzocht. Monte Carlo analyse, tot slot, is beschikbaar voor het analyseren van de gevoeligheid van de rangschikking voor stochastische onzekerheid in scores en gewichten (zie ook par.5). In de laatste stap, rapportage, worden de bereikte resultaten samengebracht in een standaardevaluatierapport. Dit standaardrapport bevat alle door de gebruiker geselecteerde resultaten en kan verder worden geredigeerd met MS Word. In dit voorbeeld zijn alle stappen van de evaluatieprocedure doorlopen. Er is echter nog veel meer gereedschap beschikbaar voor het uitvoeren van deze stappen. In de nu volgende voorbeelden wordt op het gebruik van dit gereedschap nader ingegaan.

3 Grafische evaluatie: corridorstudie Amsterdam-Utrecht

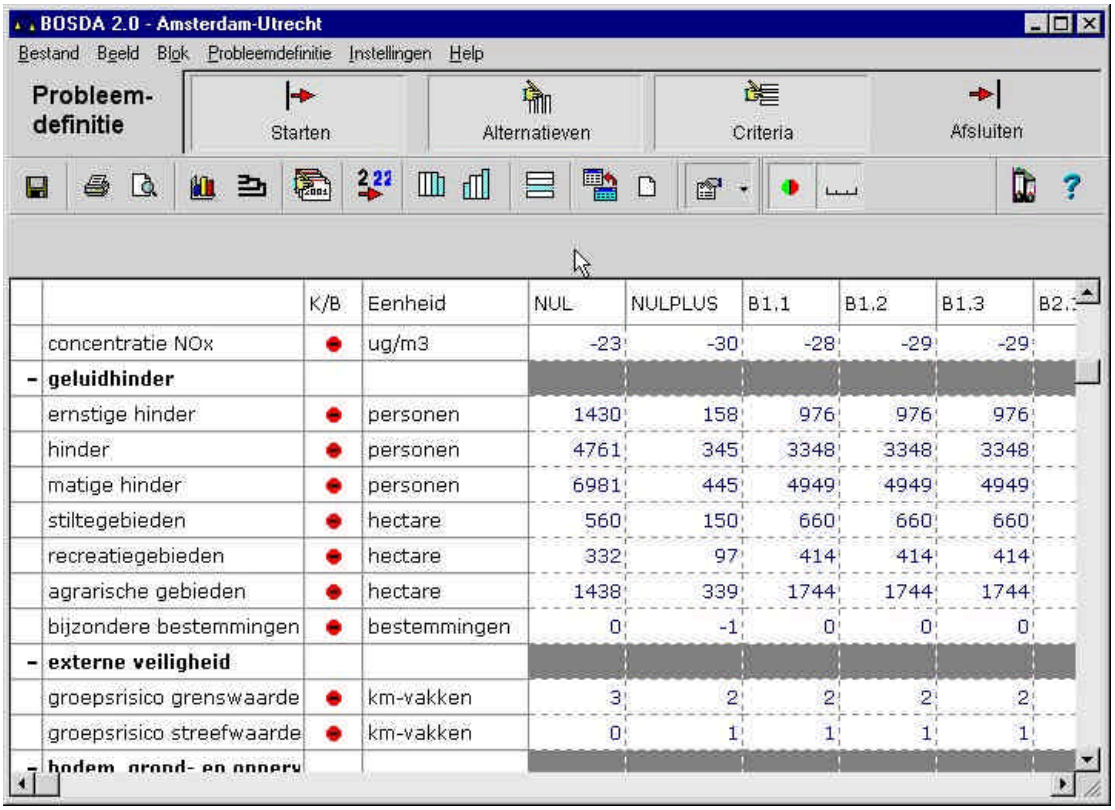
In 1990 namen de NV Nederlands Spoorwegen (NS) en het ministerie van Verkeer en Waterstaat samen het initiatief tot de Corridorstudie Amsterdam-Utrecht (CAU, 1993). Achtergrond voor de studie is dat de huidige capaciteit van weg- en railinfrastructuur op de belangrijke relatie Amsterdam-Utrecht tekort schiet. Er is sprake van filevorming op de weg en van verborgen files op het spoor. Beide beïnvloeden elkaar tot op zekere hoogte. Bovendien voorziet men nog grotere problemen in de toekomst. De corridornota dient inzicht te bieden in oplossingen voor deze problemen.

In de Corridornota worden alternatieven ontwikkeld die bijdragen aan de oplossing van de problemen in de nulsituatie. Elk alternatief bestaat uit een combinatie van maatregelen om de mobiliteit te geleiden, de infrastructuur aan te passen en de leefbaarheid te verbeteren. Ook worden diverse inrichtingsvarianten meegenomen. Dit leidt voor de rijksweg A2 tot de volgende alternatieven:

- Nul Autonome ontwikkeling leidt tot groei automobiliteit van circa 70%
- Nulplus Verwachte groei automobiliteit van circa 35 %
- B1.1 Verbreding (4+4), verwachte groei automobiliteit van circa 35%
- B1.2 Verbreding (2+2+2+2), verwachte groei automobiliteit van circa 35%
- B1.3 Verbreding (3+2+3), verwachte groei automobiliteit van circa 35%
- B2.1 Verbreding (5+5), verwachte groei automobiliteit van circa 50%
- B2.2 Verbreding (3+2+2+3), verwachte groei automobiliteit van circa 50%
- O120.1 Geen verbreding, verwachte groei automobiliteit van circa 20%
- O120.2 Verbreding (4+4), verwachte groei automobiliteit van circa 20%

Voor verschillende milieu-aspecten zijn effecten berekend. Het betreft de aspecten luchtverontreiniging, geluidshinder, externe veiligheid, bodem, grond- en oppervlakte-water, landschap, ecologie en leefmilieu.

In de eerste stap van de evaluatieprocedure, probleemdefinitie, worden van alle alternatieven de effecten voor de verschillende milieu-aspecten opgenomen in een effectentabel. Een deel van deze effectentabel staat afgebeeld in Figuur 6. Deze figuur toont de effecten van de autosnelweg alternatieven voor geluidshinder. De kolom ‘K/B’ laat zien dat de effecten voor geluidshinder kosteneffecten zijn. Dit wil zeggen dat hoe groter het effect, hoe slechter het alternatief is. De effectentabel in Figuur 6 laat zien dat in alle alternatieven het aantal ernstig gehinderden toeneemt en dat deze hinder het grootst is in het Nul alternatief (1430 personen) en het kleinst in Optie 120.1 (38 personen).

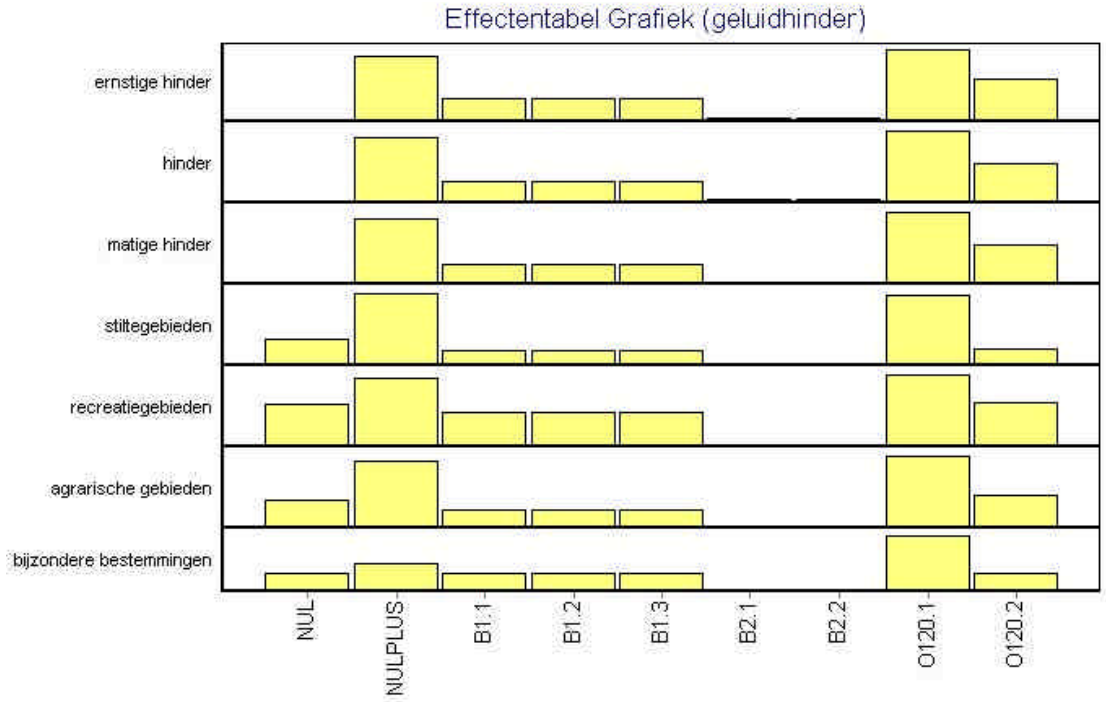


	K/B	Eenheid	NUL	NULPLUS	B1.1	B1.2	B1.3	B2.
concentratie NOx	●	ug/m3	-23	-30	-28	-29	-29	
geluidhinder								
ernstige hinder	●	personen	1430	158	976	976	976	
hinder	●	personen	4761	345	3348	3348	3348	
matige hinder	●	personen	6981	445	4949	4949	4949	
stiltegebieden	●	hectare	560	150	660	660	660	
recreatiegebieden	●	hectare	332	97	414	414	414	
agrarische gebieden	●	hectare	1438	339	1744	1744	1744	
bijzondere bestemmingen	●	bestemmingen	0	-1	0	0	0	
externe veiligheid								
groepsrisico grenswaarde	●	km-vakken	3	2	2	2	2	
groepsrisico streefwaarde	●	km-vakken	0	1	1	1	1	
bodem, grond- en oppervl								

Figuur 6 Probleemdefinitie: geluidshinder van de autosnelweg alternatieven tussen Amsterdam en Utrecht.

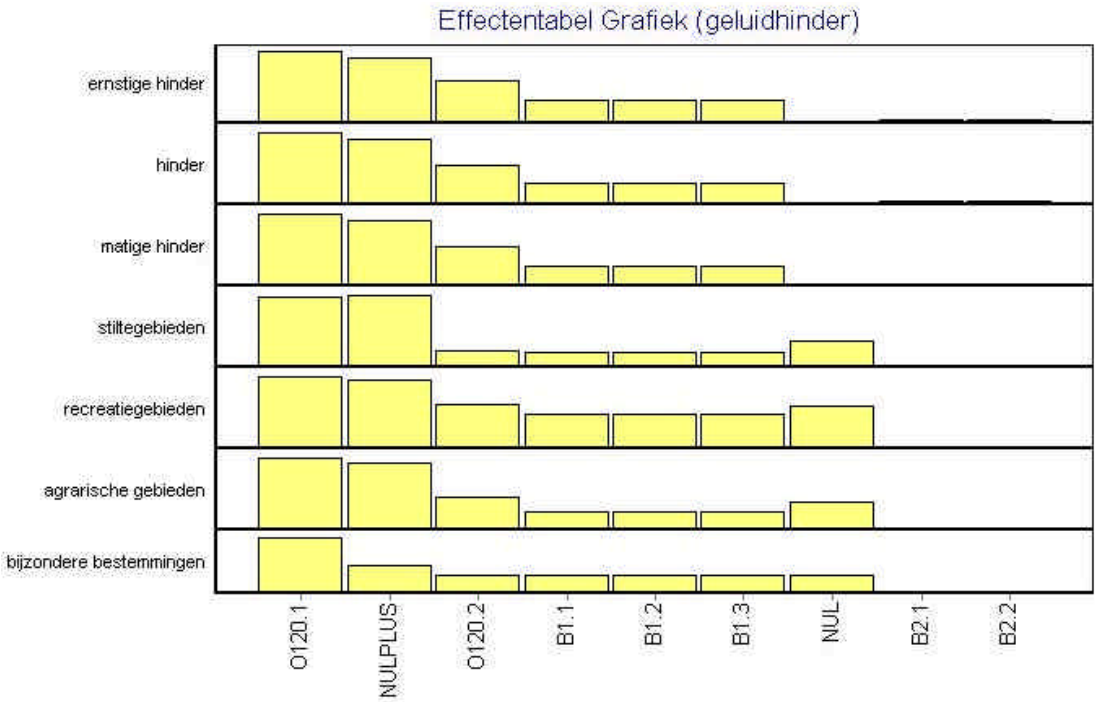
Bij de Corridorstudie spelen grote tegenstellingen tussen groepen belanghebbenden een rol. De stuurgroep Corridorstudie wilde deze tegenstellingen buiten het rapport houden. Daarom was het onderling wegen van de effecten niet geoorloofd waardoor er geen multi-criteria analyse toegepast kon worden om een totaal resultaat te maken. Het doel van de Corridorstudie is de verschillen tussen de alternatieven inzichtelijk maken. Om een vergelijking van de alternatieven mogelijk te maken is ervoor gekozen de effecten van de alternatieven voor de autosnelweg grafisch te presenteren. Hierbij worden de effecten van de alternatieven per milieu-aspect afgebeeld in staafdiagrammen.

De grafische presentatie van de effecten voor het milieu-aspect geluidshinder is afgebeeld in Figuur 7. De effecten uit de tabel in Figuur 6 zijn hierbij vertaald naar een score tussen nul en één. Voor elk effect geeft een score van nul (leeg hokje) het slechtste alternatief weer en een score van één (vol hokje) het beste alternatief. Voor de toename van het aantal ernstig gehinderden heeft het Nul alternatief dus een score van nul en de Optie 120.1 een score van één. De effecten van de overige alternatieven worden lineair geschaald ten opzichte van het beste en slechtste alternatief. Een hogere kolom wijst daarmee op een kleiner effect en daarmee op een beter alternatief.



Figuur 7 Grafische presentatie: Geluidshinder van de autosnelweg alternatieven tussen Amsterdam en Utrecht (de hoogste staaf is het beste alternatief).

Door vervolgens de kolommen zodanig te verwisselen dat steeds een alternatief met relatief kleinere effecten links komt te staan van een alternatief met relatief grotere effecten, ontstaat de in Figuur 8 afgebeelde gesorteerde effectentabel. Links in de gesorteerde grafische presentatie staat nu Optie 120.1: het alternatief met de minste geluidshinder effecten. Op de tweede plaats staat het Nulplus alternatief gevolgd door Optie 120.2. De alternatieven B2.1 en B2.2 bezetten gezamenlijk de laatste plaats.



Figuur 8.Rangschikking van de autosnelweg alternatieven tussen Amsterdam en Utrecht op basis van de te verwachten geluidshinder.

Het verkrijgen van een rangschikking via de gesorteerde grafiek in Figuur 8 is voor de meeste alternatieven mogelijk zonder de verschillende geluidshinder effecten onderling te wegen. Voor de meeste alternatieven geldt de afgebeelde volgorde immers voor alle effecten. Optie 120.1 is bijvoorbeeld voor alle effecten beter dan of gelijk aan het Nulplus alternatief. Alleen voor het bepalen van de rangschikking tussen de B1 alternatieven en het Nul alternatief is meer informatie nodig. Van de zeven criteria zijn de eerste drie effecten van het Nul alternatief slechter dan de B1 alternatieven, voor de drie daaropvolgende effecten geldt het omgekeerde en voor het laatste criterium geldt dat het effect van het Nul alternatief gelijk is aan dat van de B1 alternatieven. Dit is te zien door de kolommen van deze alternatieven in Figuur 8 te vergelijken. Door nu impliciet te veronderstellen dat de eerste drie effecten belangrijker zijn dan de daarop volgende drie effecten is toch een volgorde verkregen.

De grafische presentatie maakt hier de relatieve kwaliteiten van de alternatieven voldoende duidelijk. Het is in dit geval dan ook niet noodzakelijk kosten-baten analyse of multi-criteria analyse toe te passen. Een groot voordeel hierbij is dat het niet nodig is de effecten van een prijs dan wel gewicht te voorzien. In de praktijk blijkt deze grafische evaluatie vaak voldoende te zijn voor het inzichtelijk maken van de verschillen tussen de alternatieven. Speciaal wanneer naar de categorieën afzonderlijk gekeken wordt kan men meestal volstaan met een grafische presentatie van de rangschikking per categorie.

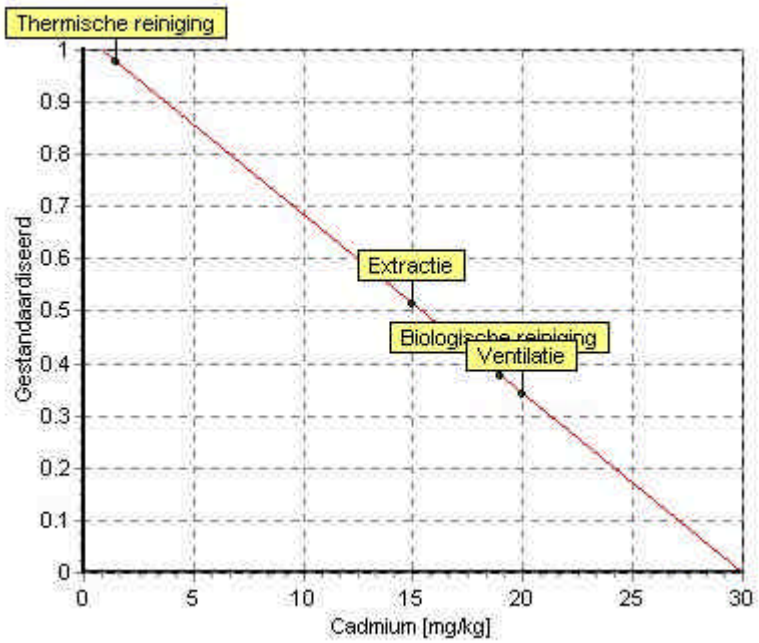
In dit voorbeeld is gebruik gemaakt van een lineaire standaardisatie methode om de effecten van verschillend schaalniveaus om te zetten naar waarden tussen nul en één. De in dit voorbeeld toegepaste interval standaardisatie beeldt het slechtste alternatief af op nul en het beste af op één. Kleine verschillen tussen alternatieven kunnen hierdoor opgeblazen worden. Omdat dit niet altijd correct is, zijn in BOSDA ook andere standaardisatie methoden opgenomen. Het volgende voorbeeld gaat dieper in op het

toepassen van (niet-)lineaire standaardisatie functies voor het waarderen van effecten op een schaal tussen nul en één.

4 Multicriteria analyse: Bodemsanering in Nieuwerkerk aan de IJssel

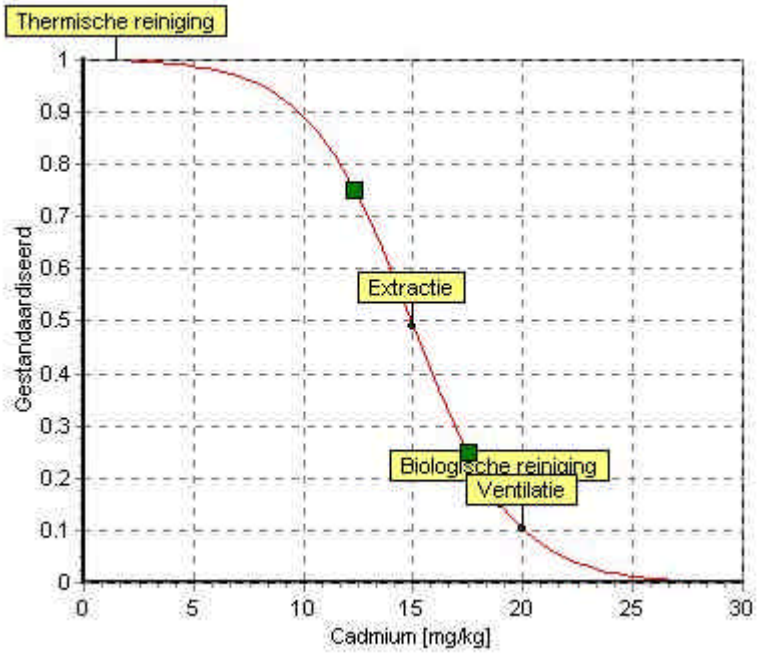
Dit voorbeeld behandelt één aspekt van de voorbereiding van een besluit over de sanering van een vervuilde bodem in een voormalig industrieel gebied in de omgeving van Rotterdam. De bodem is zwaar vervuild met minerale olie en cadmium. Er zijn vier alternatieven voor de sanering: 1.biologische reiniging, 2.thermische reiniging, 3.extractie en 4.ventilatie. Bij toepassing van biologische reiniging en ventilatie is het niet nodig de bodem af te graven. Bij thermische reiniging en extractie wordt de grond eerst afgraven en vervolgens behandeld. Het belangrijkste doel van de sanering is het verlagen van de concentraties tot een acceptabel niveau.

Het resultaat van probleemdefinitie is een effectentabel met daarin een verzameling criteriumscores uitgedrukt in verschillende eenheden. Om deze criteriumscores onderling vergelijkbaar te maken is het nodig de criteriumscores door standaardisatie op een gelijke schaal, bijvoorbeeld van nul tot één, uit te drukken. In de voorafgaande twee voorbeelden zijn de scores volgens een lineaire methode gestandaardiseerd: voor elk criterium kreeg de beste score de waarde één en de slechtste de waarde nul. In dit voorbeeld wordt nader ingegaan op ander manieren van standaardisatie. Figuur 9 toont de restconcentraties van cadmium na reiniging volgens de vier beschikbare alternatieven. De standaardisatie is ook hier lineair. Gestandaardiseerd wordt nu echter tussen de concentratie vóór sanering (30 mg/kg) en de officiële doelwaarde voor cadmium (0.8 mg/kg; Staatscourant 1998, 127). De grenzen worden in dit geval dus niet bepaald door de alternatieven maar door de mate waarin een beleidsdoel wordt gerealiseerd. In BOSDA wordt dit doelstandaardisatie genoemd.



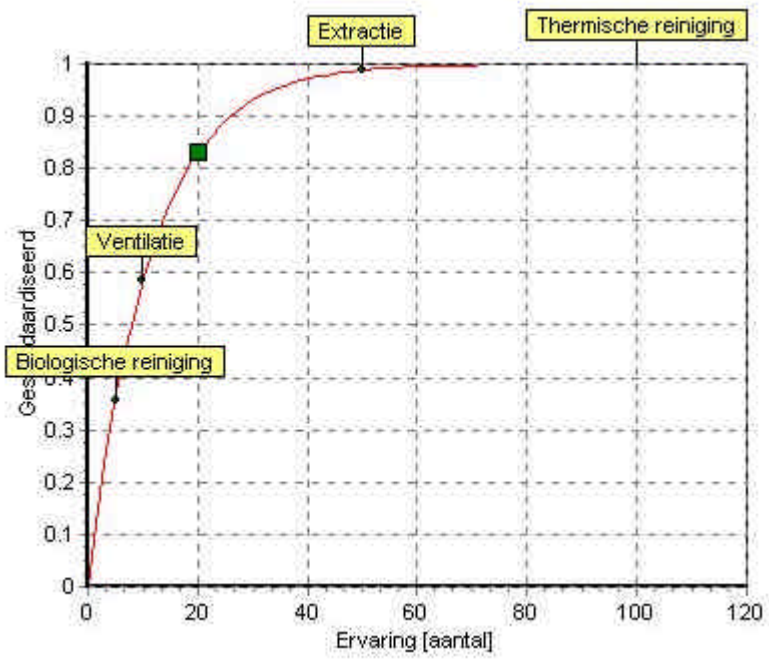
Figuur 9. Lineaire standaardisatie van de restconcentraties van cadmium.

Hoewel in werkelijkheid de relatie tussen criteriumscore en het belang (het nut) van een score veelal complexer is leidt, indien de criteriumscores niet teveel uiteenlopen, lineaire standaardisatie in veel gevallen tot een acceptabele benadering van de werkelijkheid. In die gevallen waar een lineaire functie een te grove benadering oplevert moet worden overgegaan naar een niet-lineaire functie. Een voorbeeld van een S-vormige standaardisatiefunctie is afgebeeld in Figuur 9.



Figuur 10. Standaardisatie van de restconcentraties van cadmium met behulp van een S-vormige curve .

Ook de in Figuur 10 getoonde functie kent aan het beleidsdoel (0.8 mg/kg) de waarde één toe en aan de concentratie vóór sanering (30 mg/kg) de waarde nul. De vorm van de standaardisatiefunctie is in dit geval echter bepaald op basis van interviews met experts (Beinat 1997). De interventiewaarde, dit is de waarde waarboven tot sanering moet worden overgegaan, ligt voor cadmium op 12 mg/kg (Staatscourant 1998, 127). Te zien is dat de functie rechts van deze waarde scherp daalt. De waardering van de alternatieven extractie, biologische reiniging en ventilatie is voor dit criterium dan ook laag. De vorm van de functie is ook sterk afhankelijk van het te standaardiseren criterium. Naast de getoonde lineaire en S-vormige functies curve, zijn in BOSDA ook convexe, concave en vrije vorm standaardisatiefuncties beschikbaar. Een voorbeeld van een concave standaardisatiefunctie is afgebeeld in Figuur 11.



Figuur 11. Concave standaardisatie van ervaring met een techniek gemeten als het aantal malen dat een techniek is toegepast.

Zekerheid dat het gewenste resultaat wordt bereikt is een belangrijk element in de keuze van een saneringstechniek. Het kiezen van een nieuwe techniek wordt dan ook vaak als een risico ervaren. Ervaring met een techniek is daarmee een belangrijk aspect. In Figuur 11 is ervaring geoperationaliseerd als het aantal keer dat een techniek is toegepast. Een nieuwe techniek krijgt de waarde nul. De functie stijgt snel en benadert bij het alternatief extractie, een techniek die 50 keer is toegepast, de waarde 1. Boven deze waarde voegen nieuwe toepassingen nog maar zeer weinig toe aan de waardering van de ervaring met een techniek.

Het schatten van waarderingsfuncties en de bijbehorende gewichten is een moeilijke taak. De in BOSDA opgenomen EVALUE procedure kan worden gebruikt om deze functies interactief te schatten (zie ook Beinat 1997). Deze procedure is vooral geschikt om inhoudelijke expertkennis te vertalen naar waarderingsfuncties en gewichten. In het hier gepresenteerde voorbeeld worden de functies en het relatief belang van de verschillende restconcentraties op basis van interviews met experts bepaald. Elke functie is hierbij bepaald door vijf verschillende experts die gezamenlijk als representatief voor de geldende opinies in het veld konden worden beschouwd. De afweging tussen beoordelingscategorieën, bijvoorbeeld tussen restconcentraties en hinder voor omwonenden blijft het domein van de politieke afwegers.

Het schatten van niet lineaire waarderingsfuncties op basis van interviews met experts is tijdrovend en daarmee kostbaar. Deze aanpak is dan ook vooral geschikt voor beslisproblemen die zich in vergelijkbare vorm meerdere keren voordoen zoals bijvoorbeeld de sanering van vervuiling rond benzinestations. In beslisproblemen waarin het bereik van de criteriumscores niet teveel uiteenloopt zal lineaire standaardisatie in veel gevallen resulteren in een acceptabele benadering van de werkelijkheid. Standaardiseren en wegen kan worden opgevat als het waarderen van scores in

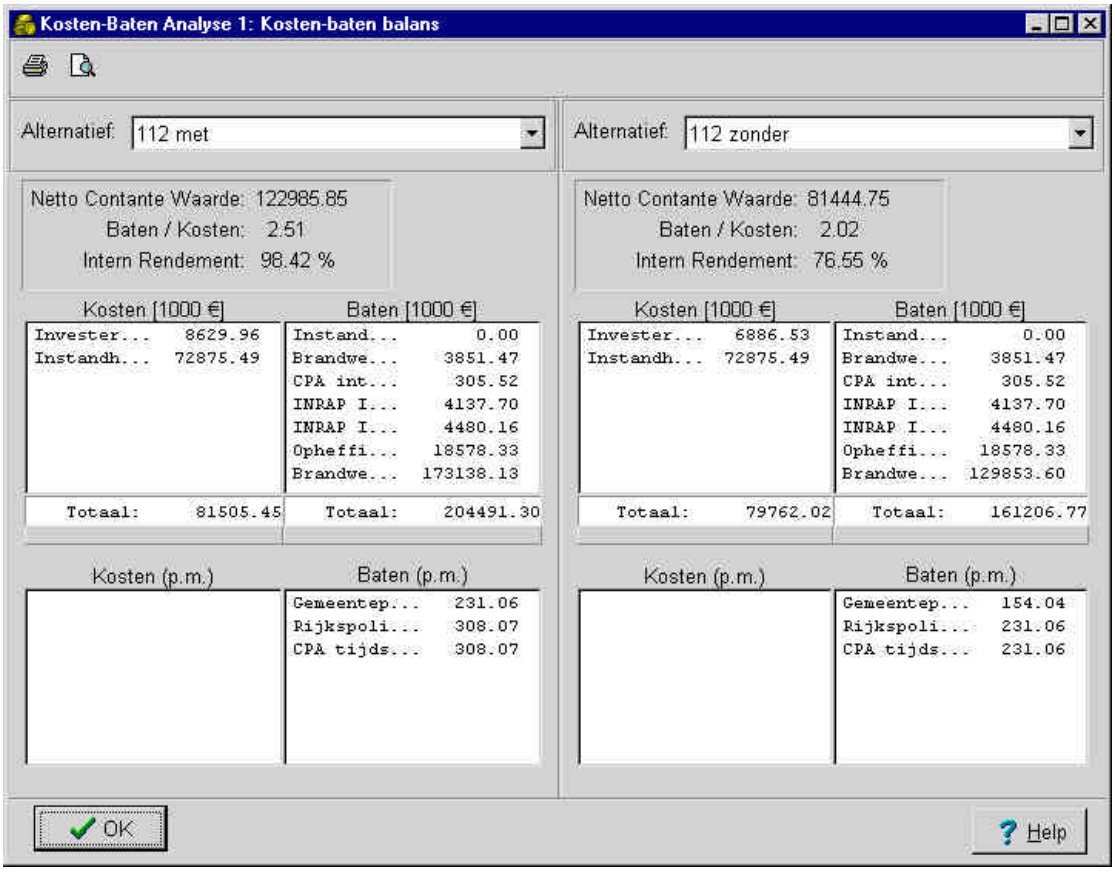
nutseenheden. Een andere vorm van waarderen is het waarderen in monetaire eenheden zoals toegepast in het volgende voorbeeld.

5 Kosten-baten analyse: Alarmnummer 112

Ter voorbereiding van een mogelijke landelijke invoering van een uniform alarmnummer is door een ambtelijke werkgroep onderzoek gedaan naar de maatschappelijke effecten van deze invoering (Werkgroep beleidsanalyse 0011 1984). Door de werkgroep zijn de volgende vier alternatieven in de evaluatie betrokken:

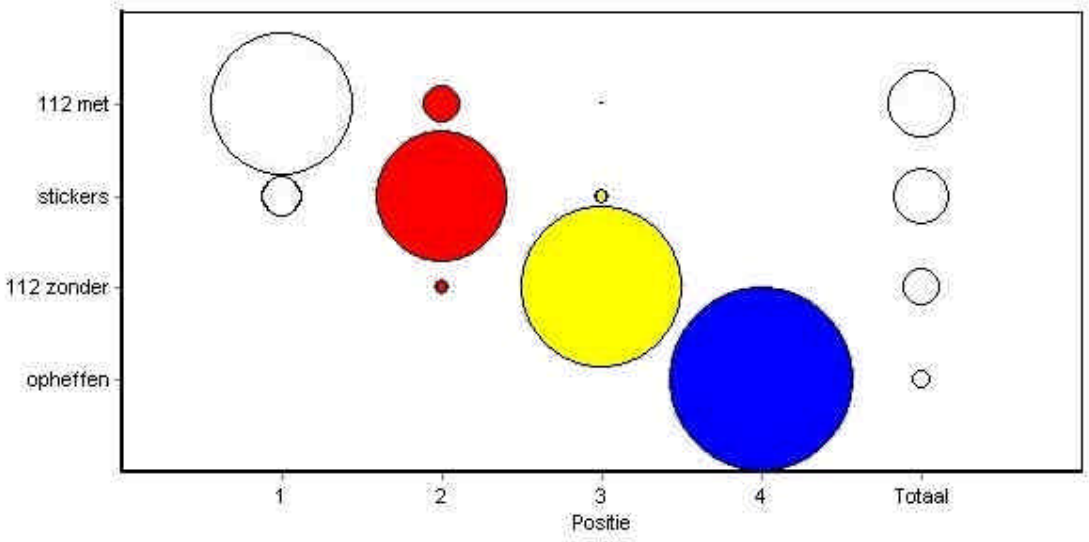
- Uniform alarmnummer met doorverbinding;
- Uniform alarmnummer zonder doorverbinding;
- Stickers met alarmnummers;
- Opheffen bestaande 112 gebieden.

De effecten van deze alternatieven bestaan uit investerings- en instandhoudingskosten, besparingen door het vervallen van aktiviteiten en tijdwinsten voor politie, brandweer en ambulance. De eerste twee categorieën konden worden gemeten in geld, de laatste categorie is gemeten in het aantal seconden verkorting van de meldtijd. De verkorting van de meldtijd van de brandweer is in geld gewaardeerd onder de veronderstelling dat een verkorting van de meldtijd leidt tot minder schade. De verkorting van de meldtijd van politie en ambulance kon niet worden gewaardeerd. De kosten-batenbalans van een Uniform alarmnummer met doorverbinding (112 met) en de kosten-batenbalans van een Uniform alarmnummer zonder doorverbinding (112 zonder) zijn afgebeeld in Figuur 12.



Figuur 12. Kosten-batenbalans van de alternatieven alarmnummer met doorverbinding (112 met) en zonder doorverbinding (112 zonder)

De kosten-batenbalans toont zowel de op geld gewaardeerde kosten en baten in 1000 Euro als de niet op geld gewaardeerde kosten en baten in de bijbehorende fysieke eenheden (cf. Studiegroep Heroverweging Disconteringsvoet 1994). De verschillen tussen beide alternatieven zijn te vinden in de hogere investeringskosten voor het alarmnummer met doorverbinding gekoppeld aan een hogere bate als gevolg van de kortere meldtijd van de brandweer. Dit alternatief scoort ook betere in de niet gewaardeerde kortere meldtijd van gemeentepolitie, rijkspolitie en ambulancediensten (CPA). Beide alternatieven hebben een positieve netto contante waarde, een baten-kosten verhouding groter dan 1 en een zeer hoog intern rendement. Het alarmnummer met doorverbinding is duidelijk het hoogst gewaardeerde alternatief. Dit resultaat gaat uit van volledige zekerheid van de gemaakte voorspellingen schattingen van te verwachte kosten en baten. Omdat voorspellingen nooit volledig zeker zijn is het verstandig na te gaan, hoe robuust de gevonden rangschikking is bij onzekerheden in de gebruikte scores. Een voorbeeld van een resultaat van gevoeligheidsanalyse is afgebeeld in Figuur 13.

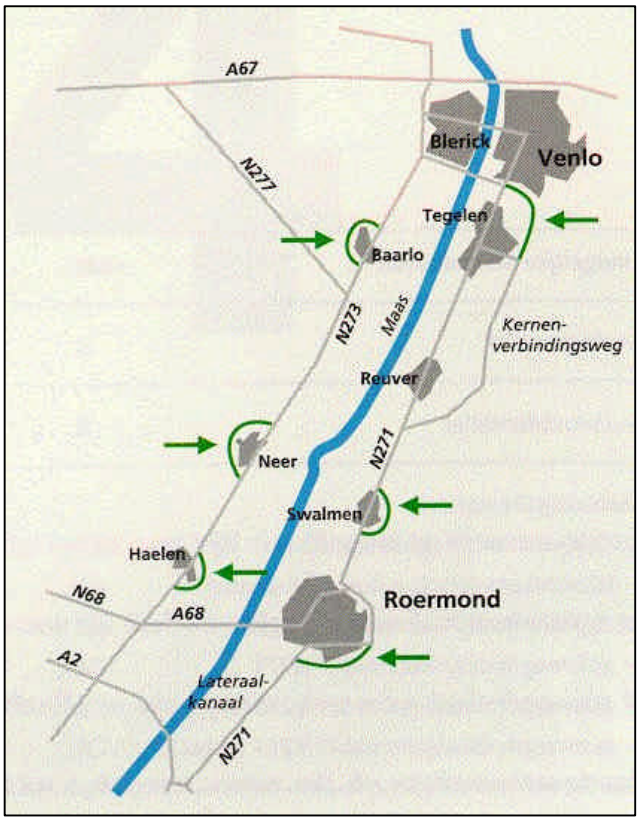


Figuur 13. Onzekerheidsanalyse: rangschikking van de alternatieven op basis van de netto contante waarde bij een onzekerheid in de toegekende scores van 25%.

Bovenstaande figuur toont het resultaat van het 2000 maal bereken van de rangschikking van de vier alternatieven op basis van de netto contante waarde. Aangenomen is dat de onzekerheid in de scores 25 procent hoger of lager kunnen zijn dan de toegekende scores en dat deze afwijkingen normaal verdeeld zijn. Met afhankelijkheden tussen de scores wordt hierbij rekening gehouden (Herwijnen *et al* 1995). De figuur laat zien dat slechts in een klein aantal gevallen alternatief alarmnummer 112 met doorverbinding niet op de eerste plaats eindigt. Dit aantal is ook als percentage beschikbaar. In dit voorbeeld komt Alarmnummer met doorverbinding in 77% van de trekkingen op de eerste plaats, Stickers in 71% op de tweede plaats, Alarmnummer zonder doorverbinding in 89% op de derde plaats en het opheffen van de bestaande gebieden in 100% van de trekkingen op de laatste plaats. Het is vervolgens aan de gebruiker van het resultaat om te beoordelen of het gevonden resultaat voldoende zeker is of dat aanvullend onderzoek nodig is om de onzekerheid in des cores te verkleinen. Uiteindelijk is gekozen voor een Uniform alarmnummer met doorverbinding. Met de invoering van het landelijk alarmnummer 06-11 (nu 112) met doorverbinding is de besluitvorming afgerond.

6 Presentatie van de resultaten: Rijksweg 73

In het gebied tussen Venlo en St.Joost doen zich problemen voor met betrekking tot de leefbaarheid, de bereikbaarheid en de economische potenties. De problemen zijn in grote lijnen terug te voeren op het feit dat de infrastructuur niet berekend is op het groeiende verkeer. Vooral op de N271 en de N273 in het studiegebied veroorzaakt het autoverkeer problemen (zie Figuur 14). Rijkswaterstaat onderkende deze problemen al langer en heeft zo'n 20 jaar geleden de Nota Rijksweg 73 (de ruggegraat van Limburg) opgesteld. Deze nota werd gevolgd door een flink aantal aanvullende studies, besluiten, juridische procedures en het intrekken van besluiten. Op basis van de projectnota / MER RW 73-Zuid, is uiteindelijk in 1995 een besluit genomen.



Figuur 14. De belangrijkste wegen in het studiegebied.

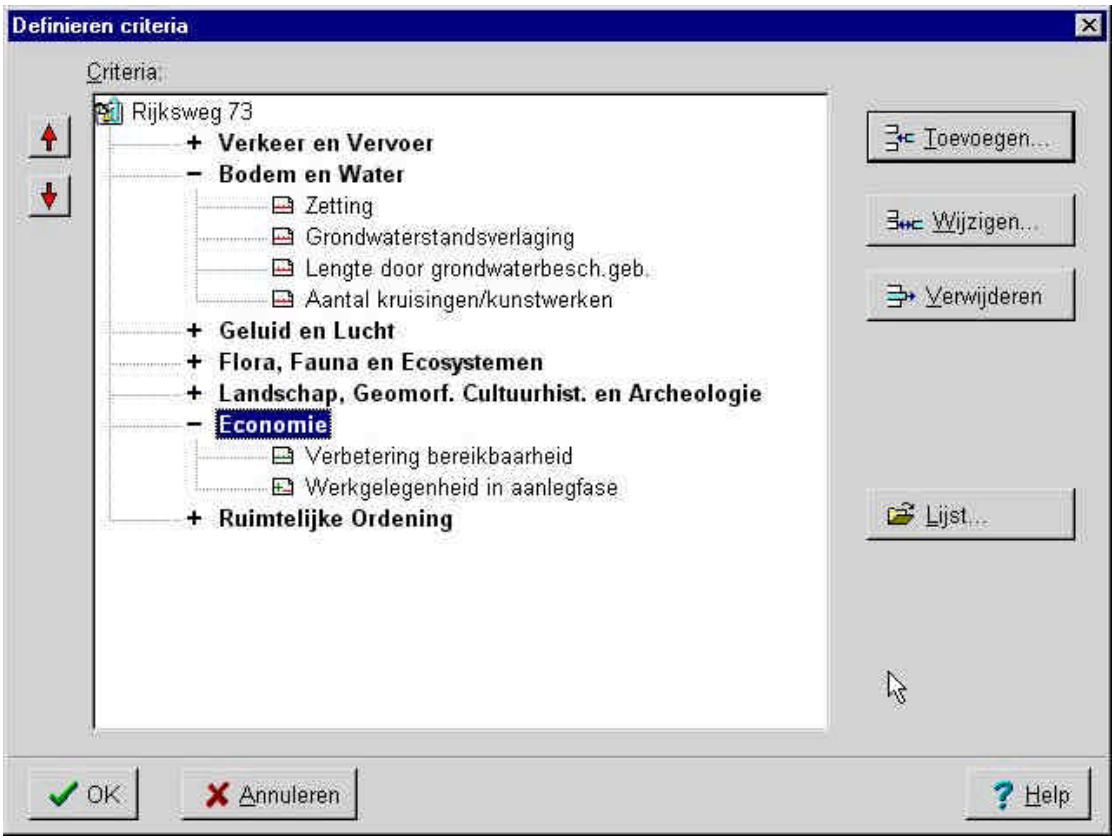
Om de problemen op te lossen zijn zeven alternatieven ontwikkeld. Deze alternatieven bestaan stuk voor stuk uit een pakket maatregelen op zowel de oost- als de westoever, waarin één maatregel (de hoofd-maatregel) centraal staat. De maatregelen hangen allemaal met elkaar samen. De oevers zijn immers 'communicerende vaten'; veranderingen op de ene oever hebben invloed op de situatie op de andere oever. Onderstaande alternatieven zijn opgenomen in het voorbeeld:

- Nul — Nulalternatief
- Autow.Oost — Autowegalternatief: Oostoeverautowegalternatief
- Autow.West — Autowegalternatief: Lateraalkanaaltracé-autowegalternatief
- Autow.O+W — Autowegalternatief: Autowegombouwalternatief N271 en N273
- Snelw.Oost — Autosnelwegalternatief: Oostoeverautosnelwegalternatief
- Snelw.West — Autosnelwegalternatief: Lateraalkanaaltracé-autosnelwegalternatief
- MMA — Meest milieuvriendelijke alternatief (MMA): natuurgericht

De effecten van de alternatieven worden beschreven aan de hand van de volgende zeven groepen: 1.verkeer en vervoer, 2.bodem en water, 3.geluid en lucht, 4.flora, fauna en ecosystemen, 5.landschap, geomorfologie, cultuurhistorie en archeologie, 6.economie en tot slot 7.ruimtelijke ordening. Elke groep bevat tussen de twee (economie) en acht (flora, fauna en ecosystemen) criteria. Het maken van een dergelijke boomstructuur wordt aangeraden in de Gids voor beoordelingskaders (de Boer et al. 1999) en door de commissie MER (Bonte et al. 1997). Door de beleidsdoelstellingen te koppelen aan criteriumgroepen wordt de structuur en overzichtelijkheid van het probleem verbeterd. De

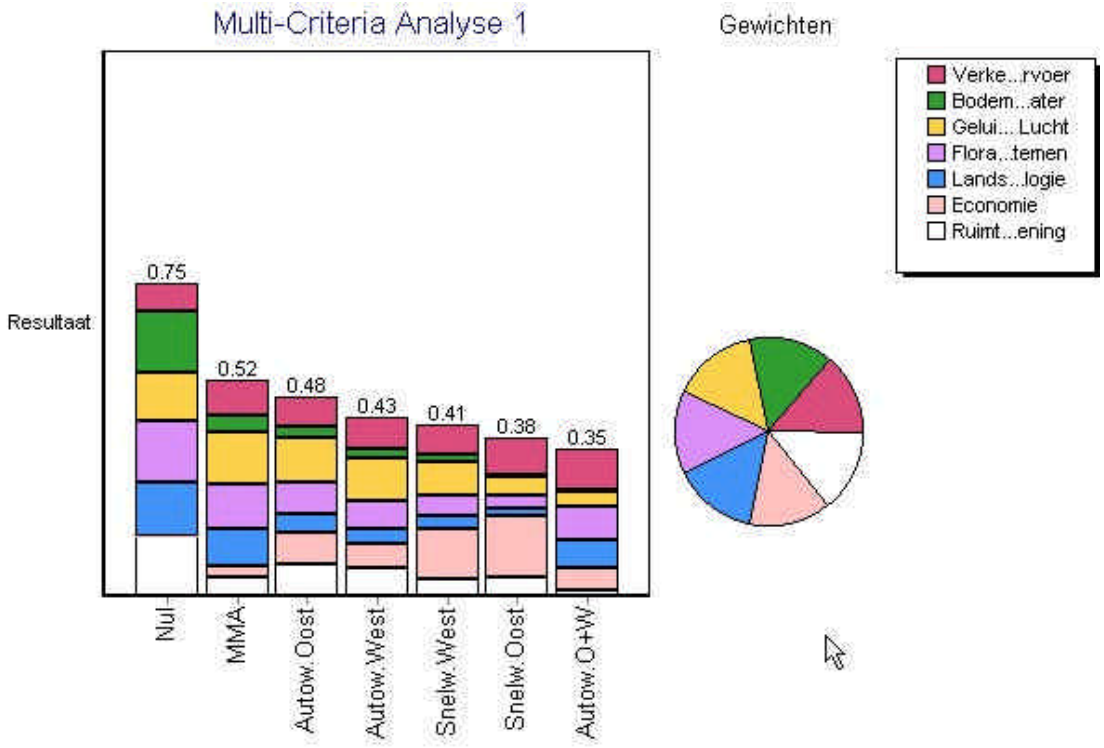
criteriumgroepen worden verder opgesplitst in meetbare criteria. Bij het maken van een dergelijke hiërarchische opbouw van de beoordeling is een evenwichtige verdeling van de criteria over de criteriumgroepen van belang.

Figuur 15 laat het venster zien waarin de boomstructuur van het voorbeeld gedefinieerd wordt. De twee criteriumgroepen 6.economie en 2.bodem en water zijn open geklapt waardoor de criteria binnen deze groepen zichtbaar zijn. De criteria van de overige criteriumgroepen worden zichtbaar wanneer op de + voor de groep geklikt wordt. De groep economie bevat twee criteria: verbetering van de bereikbaarheid en werkgelegenheid in de aanlegfase. Voor elk criterium staat een icoon afgebeeld waaruit de meetschaal kan worden afgelezen. Het icoon voor het criterium werkgelegenheid in de aanlegfase bijvoorbeeld laat zien dat dit criterium gemeten is op een +++/--- schaal. In dit voorbeeld heeft de boomstructuur twee verdiepingen. BOSDA kan ook boomstructuren met meer verdiepingen definiëren.



Figuur 15. De criteria-boom van Rijksweg 73 Zuid

Bij het toekennen van gewichten wordt de boomstructuur gebruikt. Hierbij worden binnen elke groep gewichten aan de criteria toegekend. Tevens worden de groepen onderling gewogen. Het resultaat van gewogen sommering met gelijk gewicht voor alle groepen staat afgebeeld in Figuur 16. De staafdiagram laat zien dat het Nul alternatief het beste alternatief is met een totaalscore van 0.75. Het Nul alternatief wordt op redelijke afstand gevolgd door het meest milieuvriendelijke alternatief (MMA) en de overige alternatieven.



Figuur 16. Totaalscores van de alternatieven, de bijdrage van de categorieën aan deze totaalscore en de gewichten van de categorieën.

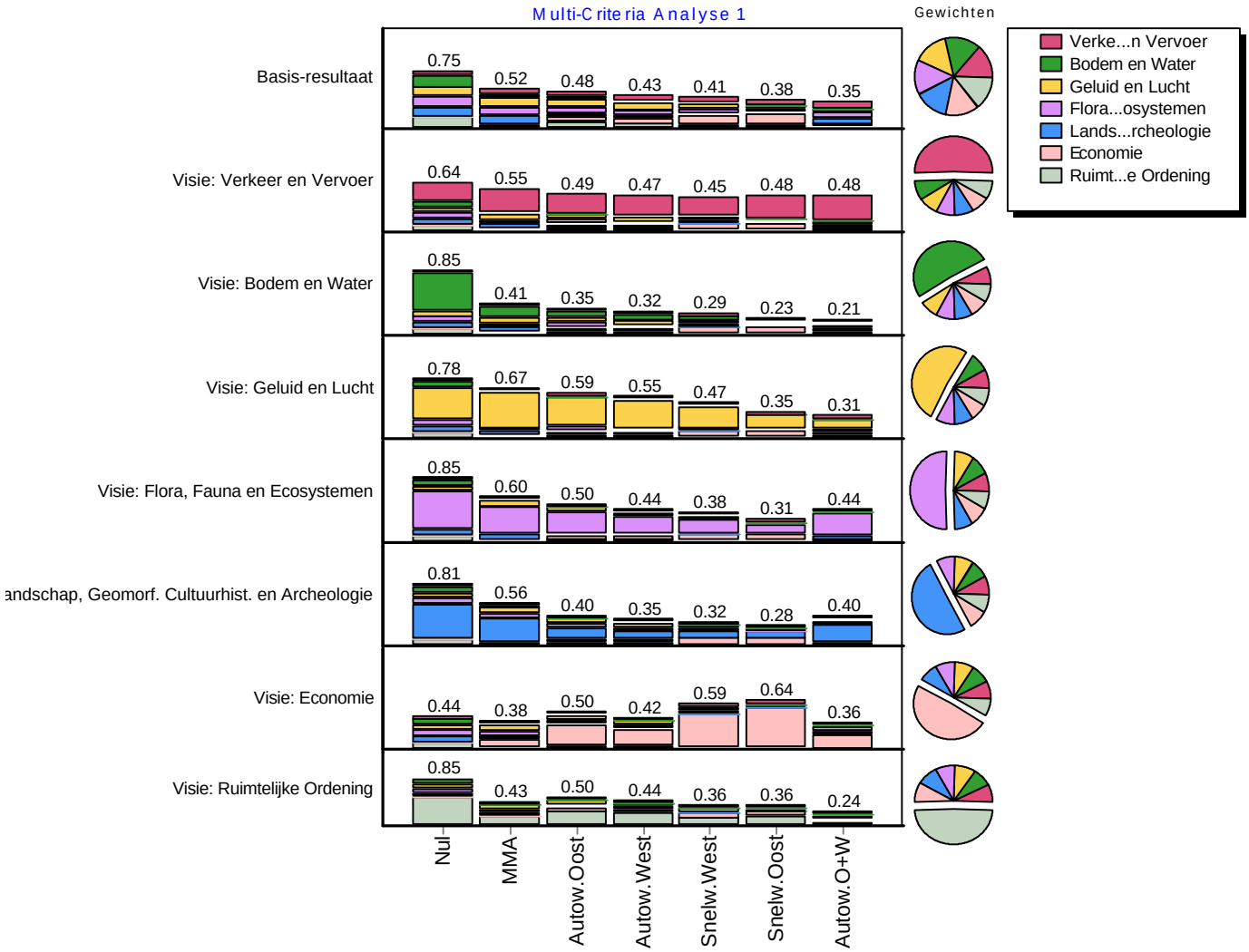
De taartdiagram rechts van de staafdiagram laat duidelijk de evenwichtige verdeling van de gewichten over de zeven criteriumgroepen zien. De bijdrage van elke groep aan de totaalscore van de alternatieven kan worden afgelezen uit de segmenten waaruit de staven zijn opgebouwd. Elk segment komt overeen met de relatieve bijdrage van de bijbehorend groep aan de totaalscore. Hoe groter de bijdrage van een groep hoe groter het segment. De bijdrage van groep 7.ruimtelijke ontwikkeling bijvoorbeeld is het grootst voor het Nul alternatief. Daarentegen draagt groep 6.economie geheel niets bij aan de totaalscore van het Nul alternatief. De grootste bijdrage van deze groep is voor alternatief Snelweg Oost. De gestapelde staafdiagram geeft een indruk van de individuele bijdragen van de groepen voor de alternatieven.

BOSDA heeft, naast de getoonde grafische presentatie van de rangschikking, nog andere grafische presentaties beschikbaar. Een voorbeeld is het spreidingsdiagram waarin de effecten van twee criteriumgroepen tegen elkaar afgezet worden. Het spreidingsdiagram kan gebruikt worden om de hierboven geconstateerde tegenstellingen tussen de criteriumgroepen 6.economie en 7.ruimtelijke ordening nader te onderzoeken.

Het toekennen van gewichten is een subjectieve zaak. In de rangschikking van Figuur 16 hebben alle criteriumgroepen een gelijk gewicht. Wanneer echter vanuit een economisch gezichtspunt naar het probleem wordt gekeken, zouden de effecten van groep 6.economie een groter gewicht moeten krijgen dan de effecten van de andere groepen. In BOSDA is een procedure opgenomen die verschillende (politieke) gezichtspunten vergelijkt. Elk gezichtspunt wordt vertaald in een combinatie van gewichten. Een goede inventarisatie van de visies die leven onder de diverse belanghebbenden is hierbij van belang. In milieu-effect-rapportages, bijvoorbeeld, zijn visies bestuurlijk/politiek van aard. Hierdoor is het aangeven van de gewenste visies primair een verantwoordelijkheid van het bevoegd

gezag. Het gaat hierbij om de vraag welke visies door de bestuurders waardevol worden geacht om een politiek-bestuurlijke afweging te kunnen maken.

Figuur 17 presenteert onder het oorspronkelijke resultaat, Basis-resultaat, de volgordes van de alternatieven voor alle door BOSDA gegenereerde visies. De eerste visie is die voor Verkeer en Vervoer en de laatste is Visie: Ruimtelijke Ordening. In de taart-diagrammen naast elke visie zijn de gewichtenverdelingen afgebeeld. In de Visie: Verkeer en Vervoer is het gewicht voor groep 1.verkeer en vervoer 0.5. De gewichten voor de overige groepen zijn gelijk verdeeld. In de rangschikkingen van de visies is duidelijk te zien dat de bijdrage van de voor een visie belangrijke criteriumgroep, de groep met gewicht 0.5, de hoogste bijdrage levert aan de totaalscore van elk alternatief. In de rangschikking voor de Visie: Verkeer en Vervoer bijvoorbeeld heeft groep 1. Verkeer en vervoer steeds het grootste segment van de staaf van elk alternatief.



Figuur 17. Totaalscores van de alternatieven op basis van verschillende beleidsvisies

De rangschikkingen van de meeste visies in Figuur 17 komen in grote mate overeen met de rangschikking van het Basis-resultaat. De rangschikking van de alternatieven in Visie: Economie is echter duidelijk veranderd ten opzichte van het Basis-resultaat. Het

alternatief Snelweg Oost is met een totaalscore van 0.64 het beste alternatief geworden, gevolgd door alternatief Snelweg West. Het Nul alternatief is gezakt naar een vierde plaats met een totaalscore van 0.44. Dit resultaat is in overeenstemming met Figuur 16 waarin reeds te zien was dat groep 6.economie niets bijdroeg aan de totaalscore van het Nul alternatief maar daarentegen een grote bijdrage had aan de totaalscore van alternatief Snelweg Oost. De regering heeft in 1995 het besluit genomen om alternatief Snelweg Oost aan te leggen. Dit alternatief kwam als beste naar voren in de economische visie. In het basis-resultaat en in de overige visies voegde alternatief Snelweg Oost zich tussen de drie laatst geplaatste alternatieven.

7 Samenvatting en conclusies

In dit artikel is geprobeerd aan de hand van vijf praktijkvoorbeelden een indruk te verschaffen van de toepassingsmogelijkheden van de recent verschenen Windows versie van het BOSDA programma. In vergelijking met de al sinds 1991 gebruikte MSDOS versie van het programma zijn de gebruikersvriendelijkheid, de presentatiemogelijkheden sterk verbeterd. Ook de functionaliteit is sterk verbeterd met het toevoegen van procedures voor het gebruik en schatten van waarderingsfuncties, het verbeteren van gevoeligheidsanalyse en de sterk verbeterde grafische presentaties.

Naast BOSDA zijn nog een aantal programma’s voor beslissingsondersteuning op de markt. Voorbeelden zijn Qualiflex (Ancot ???), TOPSYS (Wijnmalen 1997), Expert Choice (Saaty ???), VISA (Belton 1999), Rembrandt (Rog en Lootsma 1996). Deze programma’s zijn gebouwd rond één multicriteria methode. Dit heeft als voordeel een relatief eenvoudige structuur en een beperkte noodzaak tot het maken van keuzen door de gebruiker van het programma. Bij het ontwerp van BOSDA heeft het idee van de gereedschapskist voorop gestaan. Uitgangspunt is hierbij dat de keuze van een methode wordt bepaald door de kenmerken van het beslisprobleem en de voorkeuren van de gebruiker. Dit leidt tot een relatief complex programma met veel keuzemogelijkheden. Om vooral de beginnende gebruiker niet te doen verdwalen zijn stappenmenu’s opgenomen. De gebruiker wordt aan de hand van deze stappenmenu’s stap voor stap door alle essentiële procedures geleid.

De DOS versie van BOSDA wordt door een brede en zeer uiteenlopende groep gebruikers toegepast. Gebruikers waarderen het brede aanbod van methoden. Met de verbetering van de gebruikersvriendelijk van het programma en de uitbreiding van de functionaliteit is er op gericht deze groep nog te verbreden. Dit artikel biedt een eerste vluchtige kennismaking met BOSDA voor Windows. De beste manier om de programmatuur te leren kennen blijft natuurlijk experimenteren met het programma zelf. Hopelijk prikkelt dit artikel tot het zetten van deze volgende stap.

Literatuur

Beinat, E. (1997). *Value functions for environmental management*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Belton V. (1999). *Visual interactive sensitivity analysis (VISA).* Visual thinking international, Glasgow

Bonte, R.J., J.v.d. Burg, R. Janssen, R.H.J. Mooren en J.T. de Smidt (1997). *Notitie over multi-criteria analyse in milieu-effectrapportage*, Utrecht: Commissie voor de milieu-effectrapportage.

Breusers, H. N., M. van Herwijnen en R. Janssen (1994). *Handreiking Beleidsanalyse voor dijkverzwaringsprojecten*, Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW), Den Haag.

CAU (1993). *Corridorstudie Amsterdam-Utrecht.* Rijkswaterstaat/Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.

Heidemij advies (1995). *Projectnota/MER Rijksweg 73-Zuid.* Rijkswaterstaat, Directie Limburg. Maastricht.

Herwijnen, M. van (1999). *Spatial decision support for environmental management*, Amsterdam: PhD dissertation, Vrije Universiteit.

Herwijnen, M. van, P. Rietveld, K. Thevenet en R. Tol (1995). *Sensitivity analysis with interdependent criteria for multi criteria decision making.* Multi Criteria Decision Making Volume 4 Nr 1, 57-70.

Janssen, R. (1992). *Multiobjective decision support for environmental management*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Janssen, R. en G. Munda (1999). Multicriteria methods for quantitative, qualitative and fuzzy evaluation problems. In: Bergh, J.C.J.M.v.d., (Ed.) *Handbook of Environmental and Resource Economics*, pp. 1000-1012. Edgar Elgar.

Ministerie van Financiën (1995). Kabinetsstandpunt heroverweging disconteringsvoet

Studiegroep Heroverweging Disconteringsvoet (1994). De toepassing van de disconteringsvoet bij de analyse van overheidsprojecten, Ministerie van Financiën, Den Haag.

Rog,L. en F.A.Lootsma (1996). Rembrandt program for multi-criteria decision analysis. Faculteit ITS, TU Delft.

Mooren, R.H.J. (1996). Appels en peren: het vergelijken van alternatieven. In: Anonymous *Mlieu-effectrapportage, methoden, effecten en resultaten*, Best: Aeneas.

Nijkamp, P., P. Rietveld en H. Voogd (1990). *Multicriteria evaluation in physical planning*, Amsterdam: North Holland.

Tufte, E. R. (1997). *Visual Explanations : Images and Quantities, Evidence and Narrative*, Graphics press, Cheshire, Connecticut.

Werkgroep beleidsanalyse 0011 (1984). Evaluatie Uniform Meldnummer 0011, Ministerie van Financiën, Den Haag.

Wijnmalen, D. (1997). TOPSYStem. 3.0 voor Windows. TNO Fysisch en Electronisch Laboratorium, Den Haag.